

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-101623

(43)Date of publication of application : 13.04.1999

(51)Int.CI.

G01B 11/24

A43D 1/02

A61B 5/117

(21)Application number : 09-263614

(71)Applicant : CKD CORP

(22)Date of filing : 29.09.1997

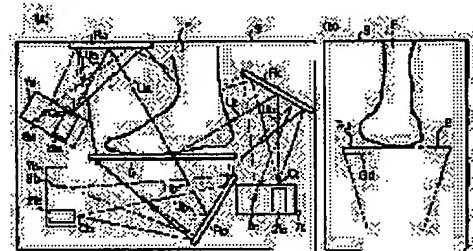
(72)Inventor : FUTAMURA IKUO
OKUDA MANABU
SHIBATA SUSUMU

(54) SHAPE MEASURING DEVICE AND FOOT SHAPE MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a shape measuring device that can measure the three-dimensional shape of almost the whole of an object to be measured and a foot.

SOLUTION: The foot shape measuring device has measuring heads irradiating a foot F with light and picking up optical images formed on the surface, a shape computing part for computing shape from picked-up image information and computing composite shape information of the foot F through coordinate transformation and composition, and a control part. The measuring heads are to be three in number that are an instep side measuring head 7a for radiating light toward a foot upper face part and picking up the image of the foot upper face part, a foot sole side measuring head 7b for radiating light toward a foot sole side part and picking up the image of the foot sole side part, and a heel side measuring head 7c for radiating light toward a foot rear face part and picking up the image of the foot rear face part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

[decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-101623

(43)公開日 平成11年(1999)4月13日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 B 11/24
A 4 3 D 1/02
A 6 1 B 5/117

識別記号
101

F I
G 0 1 B 11/24
A 4 3 D 1/02
A 6 1 B 5/10

101
320D

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全22頁)

(21)出願番号 特願平9-263614

(22)出願日 平成9年(1997)9月29日

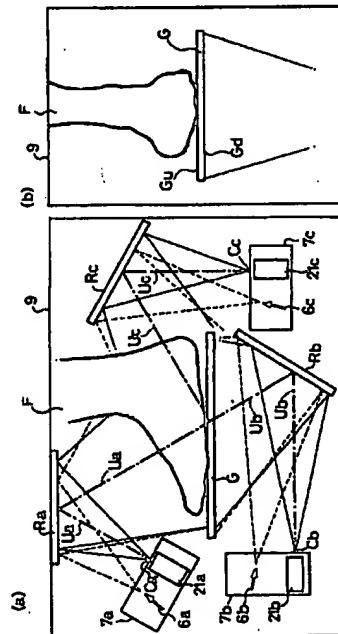
(71)出願人 000106760
シーケーディ株式会社
愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地
(72)発明者 二村 伊久雄
愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地
シーケーディ株式会社内
(72)発明者 奥田 学
愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地
シーケーディ株式会社内
(72)発明者 柴田 進
愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地
シーケーディ株式会社内
(74)代理人 弁理士 宮澤 孝 (外2名)

(54)【発明の名称】 形状計測装置及び足型計測装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 被測定物および足の略全体の三次元形状が計測できる形状計測装置。

【解決手段】 足型計測装置100は、足Fに光線を照射し、その表面にできた光学像を撮像する計測ヘッド7a等と、撮像された画像情報から形状を算出し、座標変換して合成して足Fの合成形状情報を算出する形状演算部30と制御部10とを有する。計測ヘッド7は、足上面部位に向かって光線を照射し、かつこの足上面部位を撮像する甲側計測ヘッド7aと、足裏面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏面部位を撮像する足裏側計測ヘッド7bと、足後面部位に向かって光線を照射し、かつこの足後面部位を撮像するかかと側計測ヘッドの3台とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物の三次元形状を計測する形状計測装置であって、光線を上記被測定物に照射する光線照射手段、および該光線照射手段に対応し、上記光線により上記被測定物の表面に生じる光学像を撮像する撮像部材、をそれぞれ備え、上記被測定物の形状を複数の方向から計測するように配置された複数組の光線照射撮像手段と、それぞれの上記撮像手段から出力される画像情報を演算処理することにより、光線照射撮像手段毎に形状情報を算出し、これらを座標変換して合成し上記被測定物の合成形状情報を算出する形状演算手段と、を有する形状計測装置。

【請求項2】 請求項1に記載の形状計測装置であって、前記撮像部材の光軸が、互いに、一致し、平行となり、または直交するように各撮像部材が配置されていることを特徴とする形状計測装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の形状計測装置であって、複数の前記光線照射撮像手段から形状を計測できる配置で、前記被測定物の近傍に基準点マークが設けられていることを特徴とする形状計測装置。

【請求項4】 足の三次元形状を計測する足型計測装置であって、

上記足を載せる足台と、

光線を上記足に照射する光線照射手段、および該光線照射手段に対応し、上記光線により上記足の表面に生じる光学像を撮像部材によって撮像する撮像手段、をそれぞれ備え、上記足の形状を複数の方向から計測するように配置された複数組の光線照射撮像手段と、

それぞれの上記撮像手段から出力される画像情報を演算処理することにより、光線照射撮像手段毎に形状情報を算出し、これらを座標変換して合成し上記足の合成形状情報を算出する形状演算手段と、を有する足型計測装置。

【請求項5】 請求項4に記載の足形計測装置であって、

前記足台が透明であることを特徴とする足型計測装置。

【請求項6】 請求項4または請求項5に記載の足型計測装置であって、

前記足台の上面に靴底形状が形成されていることを特徴とする足型計測装置。

【請求項7】 請求項4から請求項6に記載の足型計測装置であって、前記光線のうち前記足台の上面または下面に反射してできる足台反射光が、直接またはミラーを通して前記撮像部材に入射しないように前記光線照射手段および撮像部材を配置してなることを特徴とする足型計測装置。

【請求項8】 請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、

前記複数組の光線照射撮像手段は、

2

上記足の甲の斜め前上方から、少なくとも足のつま先からくるふしまでの足上面部位に向かって光線を照射し、かつこの足上面部位を撮像する甲側光線照射撮像手段と、

上記足の裏の斜め後ろ下方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足裏面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏面部位を撮像する足裏側光線照射撮像手段と、

上記足のかかと斜め後上方から、少なくともふくらはぎの下部からかかとまでの足後面部位に向かって光線を照射し、かつこの足後面部位を撮像するかかと側光線照射撮像手段、の3組であることを特徴とする足型計測装置。

【請求項9】 請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、

前記複数組の光線照射撮像手段は、

上記足の右横側から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足右側面部位に向かって光線を照射し、かつこの足右側面部位を撮像する右側光線照射撮像手段と、

20 上記足の左横側から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足左側面部位に向かって光線を照射し、かつこの足左側面部位を撮像する左側光線照射撮像手段と、

上記足の裏の下方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足下面部位に向かって光線を照射し、かつこの足下面部位を撮像する下側光線照射撮像手段、の3組であることを特徴とする足型計測装置。

【請求項10】 請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、

前記複数組の光線照射撮像手段は、

30 上記足の甲の斜め前上方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足上面部位に向かって光線を照射し、かつこの足上面部位を撮像する甲側光線照射撮像手段と、上記足の裏の斜め後ろ下方から、少なくとも足のつま先からかかとの上部までの足裏後面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏後面部位を撮像する足裏後側光線照射撮像手段、の2組であることを特徴とする足型計測装置。

【請求項11】 請求項10に記載の足型計測装置であって、

40 前記甲側光線照射撮像手段の甲側撮像部材の光軸と、前記足裏後側光線照射撮像手段の足裏後側撮像部材の光軸とが一致するようにこれら光線照射撮像手段を配置することを特徴とする足型計測装置。

【請求項12】 請求項8から請求項11に記載の足型計測装置であって、ミラーを用いて前記光線の光路および撮像部材が見込む光学像の光路の少なくともいずれかを折り曲げることを特徴とする足型計測装置。

【請求項13】 請求項4から請求項11に記載の足型計測装置であって、

50 略全壁面が遮光性壁で形成され、

足を内部に挿入するための開口であって、足を挿入することで内部が略暗室状態となる大きさの足挿入開口を有し、

内部に前記光線照射撮像手段のいずれも含むように取り囲む計測筐体を備えることを特徴とする足型計測装置。

【請求項14】 請求項4から請求項13に記載の足型計測装置であって、

前記光線照射手段は、所定コードに従うストライプ状パターンの光線を照射するストライプ状光線照射手段であり、

前記撮像部材から出力される空間コード化画像情報から空間コード化法により前記足の形状を算出する空間コード型画像情報演算手段であることを特徴とする足型計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、足、手、身体、その他の被測定物の三次元形状を計測する形状計測装置およびこれを用いた足型計測装置に関する、さらに詳しくは、複数の方向から光線を被測定物に照射し、その光学像を撮像して演算し、さらにそれらを合成して被測定物の形状を計測する形状計測装置及び足型計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、物体の形状を計測することは、様々な分野で要求されており、例えば足や手、身体等の測定においては、メジャーや体重計等を用いて測定を行うことが行われているが、不正確であったり計測に時間がかかる問題があった。このため、例えば、衣類や下着の製作や選択において、衣類等を求める顧客の体型に合った衣類を提供するには、正確な体型の計測が求められている。また、義手、義足その他の補助器具の製作や調整についても、欠損部位の形状等を正確に測定することが求められる。また、工業製品や野菜、果物等の農作物においても、規格化された形状による等級分類等を行なうため、形状測定が求められることもある。これらの場合において、被測定物の形状を簡単に測定できる形状計測装置が求められている。

【0003】また、従来靴の製作や選択においては、経験や勘に頼っていたが、近年では、足に合う靴の大切さが認識されはじめ、小売店の店頭などにおいて、靴合わせについて十分知識を持った者、いわゆるシューフィッターが重宝されるようになってきている。

【0004】しかし、顧客一人ずつに対し、足の寸法をメジャーや簡単な器具で計測した上で、合う靴を選択するには、時間がかかる上、足型は体重の掛かり方によっても変化する。また、外反母趾等により標準の足型からかなり外れた形状の足型もある。このために、足長、足幅等を正確に計測するには、経験が必要となるので、シューフィッターの需要に対して、その育成が追いつかな

い問題がある。また、外反母趾等の足型の異常疾患について、その程度を客観的に表して治療方法や矯正具の選択に役立てたい場合もある。このため、足型を簡易に計測し、靴の選択や治療その他に役立てるべく、足型や足の各寸法（足長、足幅等）を計測できる足型計測装置が求められている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような足型その他の形状を計測する装置として、例えば、特公平3-76

10 122号公報には足型測定装置が開示されている。この足型測定装置は、図17に示すように、測定台302に載せた足Fの足長（足部の長さ）、足幅（足部の幅）、足部の高さ、足囲（足の甲部の周囲長）等を測定するものである。測定窓303を包囲するように配置されたロ型の測定枠304は、測定台302に形成されたスリット302aに沿って前後に移動可能とされている。また、測定枠304の横枠の一方には光源L1、他方の横枠には受光素子（フォトアレイ）S1が対置して設けられ、測定枠の上枠には光源L2、下枠には受光素子（フォトアレイ）S2、S3が対置して設けられている。この足形測定装置は、測定枠304が足長方向に移動すると共に、光源L1からの光を足Fが遮ってできる影を受光素子S1で検出し、光源L2からの光を足Fが遮ってできる影を受光素子S2およびS3で検出して、上記各寸法を演算により求めるものである。

【0006】しかし、この足型測定装置においては、測定枠304を移動させて各点を測定するため、計測に時間が掛かると共に、移動機構が必要となり、故障しやすくメンテナンスが必要となる。また、測定枠304を用いて測定しているので、測定枠304が、すね（または足首）に当接する位置までしか測定できない。また、影を用いて測定しているので、断面形状を得るのにすぎなかった。従って、足Fの三次元形状を足Fの略全体にわたって得ることはできないものであり、足型の測定としては不十分なものであった。

【0007】他の装置としては、例えば、特開昭63-168150号公報には、生体三次元測定装置が開示されている。この生体三次元測定装置の外径のための測定台420には、図18に示すように、X方向フレーム422とY方向フレーム423とから構成される二次元スキャナに距離センサ425が取り付けられており、測定窓421の下側には、サブX方向フレーム426とサブY方向フレーム427によって構成されるサブ二次元スキャナによって接地面形状センサ428が二次元的に移動可能となっている。この測定台420上に図示しない足等を載せた後に、コンピュータによって二次元スキャナ及びサブ二次元スキャナを駆動しつつ足との距離を測定し、これを記憶、演算して各種の測定値を算出する。

【0008】しかし、この三次元形状測定装置においても、二次元スキャナやサブ二次元スキャナなどで距離セ

ンサ425等を移動させつつ測定するので、やはり測定に時間が掛かる。また、移動機構があるため、故障しやすくメンテナンスが必要となる。さらに、X方向フレーム422等が足のすねに当接する位置までしか測定できないので、足の略全体にわたる三次元形状を得ることができず、足型の計測としては不十分なものであった。

【0009】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、移動機構が不要であり、被測定物の略全体の三次元形状が計測できる形状計測装置を提供することにある。また他の目的は、移動機構が不要であり、足の略全体の三次元形状が計測できる足型計測装置を提供することにある。さらに他の目的は、靴を履いた状態に近い状態における足の形状を計測することのできる足形計測装置を提供することにある。さらに他の目的は、少ない数の光線照射手段や撮像部材によって足の略全体の形状を計測できる足型計測装置を提供することにある。さらに他の目的は、寸法の小さな足型計測装置を提供することにある。また他の目的は、照明や太陽光などの外乱光の影響を少なくした足型計測装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段、作用及び効果】しかしながら、請求項1に記載の解決手段は、被測定物の三次元形状を計測する形状計測装置であって、光線を上記被測定物に照射する光線照射手段、および該光線照射手段に対応し、上記光線により上記被測定物の表面に生じる光学像を撮像する撮像部材、をそれぞれ備え、上記被測定物の形状を複数の方向から計測するように配置された複数組の光線照射撮像手段と、それぞれの上記撮像手段から出力される画像情報を演算処理することにより、光線照射撮像手段毎に形状情報を算出し、これらを座標変換して合成し上記被測定物の合成形状情報を算出する形状演算手段と、を有する形状計測装置である。

【0011】本発明によれば、形状計測にあたり複数の光線照射撮像手段を用い、各々の光線照射撮像手段から得た画像情報を用いて形状情報をそれぞれ算出し、さらにこれらの形状情報を座標変換して合成し被測定物の形状を算出する。このため、被測定物と光線照射撮像手段との相対位置を変更させて、即ち、被測定物や光線照射撮像手段を移動手段を用いて移動、回転等させて計測する必要が無く、計測時間を短くすることができ、移動部が不要なためにメンテナンスが容易で、コンパクトな形状計測装置にできる。

【0012】ここで、光線照射手段は、所定のパターンで被測定物に光線を照射できるものであればよい。面状に光線を照射できる光源を用いる場合には、この面状光源及びこの面状光源からの光線を所定パターンにするためのスリットやフィルタが含まれる。また、スリット状光線を照射できる光源を用いる場合には、このスリット状光源および光線を偏向走査する光線走査手段が含まれ

る。なお、レーザ光源等の点状光源とレンズ系を組み合わせてスリット状光源としても良い。また、撮像部材には、CCD撮像素子を用いたカメラ（CCDカメラ）が挙げられ、その他、MOS型撮像素子を用いたものやビジョン等の撮像管を用いても良い。

【0013】なお、必要な光線照射撮像手段の数は、被測定物の形状や算出したい各部の寸法等によって異なるが、球状の被測定物を想定した場合、全面（全周）にわたる計測には、少なくとも4台の撮像部材を正4面体の

10 各頂点に配置すれば可能となる。

【0014】画像情報の演算手法としては、空間コード化法や位相シフト法等の手法が挙げられ、用いる手法によって被測定物に照射する光線のパターン等を適宜のものとする。また、座標変換の手法としては、アフィン変換を用いればよく、各形状情報がその光線照射撮像手段等によって決まるローカル座標系に従って表されているので、共通の座標系（ワールド座標系）に従って表されるように、それぞれの形状情報を変換することによって行う。

20 【0015】さらに、請求項2に記載の解決手段は、請求項1に記載の形状計測装置であって、前記撮像部材の光軸が、互いに、一致し、平行となり、または直交するように各撮像部材が配置されていることを特徴とする形状計測装置である。

【0016】各形状情報は、通常他の形状情報の座標系とは直接関係のないローカル座標系に従って表される。このローカル座標系としては、三角測量の原理を用いて被測定物の基準面からの高さを計測するなど形状計測の手法を考慮すると、撮像部材の光軸に直交する平面を基

30 準面として採用すると都合がよいことが多い。ところで、複数の光線照射撮像手段から得られた形状情報を合成するには、まずアフィン変換を用いて形状情報の座標を共通のワールド座標系上の座標に変換する。本発明によれば、撮像部材の光軸の配置をこのようにすると、座標変換の計算式が簡単になり容易に変換できるようになる。即ち、各々の形状情報におけるローカル座標系で、仮想基準面を光軸に垂直にとったとすると、光軸が一致しましたは平行になっている場合には、それぞれの光線照射撮像手段の基準面は、互いに一致あるいは平行の関係となる。また、光軸が直交している場合には、それぞれの光線照射撮像手段の基準面は、互いに直交する関係となる。従って、あるローカル座標を共通のワールド座標としても用いるとすると、他のローカル座標系からこのワールド座標系へのアフィン変換の際の変換行列等の内容が簡単になり、アフィン変換の計算が簡単になる。

40 【0017】さらに、請求項3に記載の解決手段は、請求項1または請求項2に記載の形状計測装置であって、複数の前記光線照射撮像手段により形状計測できる配置で、前記被測定物の近傍に基準点マークが設けられていることを特徴とする形状計測装置である。

【0018】本発明によれば、複数の光線照射撮像手段から形状を計測できる配置で基準点マークを設けたので、撮像された基準点マークから各光線照射撮像手段毎にその位置を算出し、同じ基準点マークを計測した光線照射撮像手段間で、同じ基準点の座標が同じになるよう変換パラメータを設定する。これにより、一方の形状情報を他方の形状情報の座標系に座標変換できることになる。あるいは複数の形状情報を共通の座標系にそれぞれ座標変換することができる。この基準点マークは、好ましくは、球状であると良い。球状であると、どの方向から見ても円に見えるので、その重心または中心を基準点とすれば、見る方向に関係なく基準点を算出できるからである。なお、基準点マークを円板としても良い。この場合には、橢円の長径と短径から重心または中心を算出して容易に基準点を求めることができる。

【0019】さらに、請求項4に記載の解決手段は、足の三次元形状を計測する足型計測装置であって、上記足を載せる足台と、光線を上記足に照射する光線照射手段、および該光線照射手段に対応し、上記光線により上記足の表面に生じる光学像を撮像部材によって撮像する撮像手段、をそれぞれ備え、上記足の形状を複数の方向から計測するように配置された複数組の光線照射撮像手段と、それぞれの上記撮像手段から出力される画像情報を演算処理することにより、光線照射撮像手段毎に形状情報を算出し、これらを座標変換して合成し上記足の合成形状情報を算出する形状演算手段と、を有する足型計測装置である。

【0020】本発明によれば、足型計測にあたり複数の光線照射撮像手段を用い、各々の光線照射撮像手段から得た画像情報を用いて形状情報をそれぞれ算出し、さらにこれらの形状情報を座標変換して合成し足の形状を算出する。このため、足と光線照射撮像手段との相対位置を変更させて、即ち、足や光線照射撮像手段を移動手段を用いて移動、回転等させて計測する必要が無く、計測時間を短くすることができ、移動部が不要なためにメンテナンスが容易で、コンパクトな形状計測装置にできる。さらに、足台があるので、足台に足を載せ、体重をかけた状態での足の形状を測定することができる。したがって、実際に立った状態での測定ができる。

【0021】さらに、請求項5に記載の解決手段は、請求項4に記載の足形計測装置であって、前記足台が透明であることを特徴とする足型計測装置である。

【0022】本発明によれば、足台が透明なので、体重をかけた状態で、足の裏方向（下方）からも足の形状測定できる。なお、透明な足台の材質としては、透明樹脂（アクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂等）またはガラス等が挙げられる。

【0023】さらに、請求項6に記載の解決手段は、請求項4または請求項5に記載の足型計測装置であって、前記足台の上面に靴底形状が形成されていることを特徴

とする足型計測装置である。

【0024】本発明によれば、足台の上面（足載置面）に靴底形状が形成されているので、実際に靴を履いたときに近い状態での足の形状を計測できる。ここで、靴底形状とは、曲面あるいは平面で靴底その他の形状を模したものをおい、具体的には、ローヒール形状やハイヒール形状、土踏まず部分に膨らみを持たせた形状等が挙げられる。また、足台のうち、少なくとも上面に靴底形状が形成されれば足り、この裏面（下面）は、平面にしても上面の靴底形状に倣った形状にしても良い。

【0025】さらに、請求項7に記載の解決手段は、請求項4から請求項6に記載の足型計測装置であって、前記光線のうち前記足台の上面または下面に反射してできる足台反射光が、直接またはミラーを介して前記撮像部材に入射しないように前記光線照射手段および撮像部材を配置してなることを特徴とする足型計測装置である。

【0026】足台反射光が直接またはミラーを介して撮像部材に入射すると、足の表面に形成される光学像の明暗を区別することができず、正確な形状を算出できなくなる。また、レーザ等の照度の高い光を用いた場合には、撮像部材内に入射した反射光は撮像部材内で迷光となり、さらに画像全体のコントラストの低下等を生じさせることもある。本発明のようにすれば、反射光が入射しないので、このような不具合を生じない。

【0027】なお、請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、複数の前記光線照射撮像手段から形状を計測できる配置で、前記足台のうち足を載置する部位の近傍に基準点マークが設けられていることを特徴とする足型計測装置とすると良い。

【0028】このようにすると、複数の光線照射撮像手段から形状を計測できる配置で基準点マークを設けたので、撮像された基準点マークの位置が各光線照射撮像手段毎に算出できる。従って、同じ基準点の座標が同じになるよう変換パラメータを設定することで、一方の形状情報を他方の形状情報の座標系に座標変換できることになる。あるいは複数の形状情報を共通の座標系にそれぞれ座標変換することができる。この基準点マークは、好ましくは、球状であると良い。球状であると、どの方向から見ても円に見えるので、その重心または中心を基準点とすれば、見る方向に関係なく基準点を算出できるからである。この場合には、足台中に球状の基準点マークの一部または全部を埋め込むと足台に固定できて良い。なお、基準点マークを円板としても良い。この場合には、橢円から重心または中心を算出して基準点を求めることができる。この場合には、足台の上面または裏面に形成すればよい。

【0029】さらに、請求項8に記載の解決手段は、請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、前記複数組の光線照射撮像手段は、上記足の甲の斜め前上方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足上面

部位に向かって光線を照射し、かつこの足上面部位を撮像する甲側光線照射撮像手段と、上記足の裏の斜め後ろ下方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足裏面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏面部位を撮像する足裏側光線照射撮像手段と、上記足のかかと斜め後上方から、少なくともふくらはぎの下部からかかとまでの足後面部位に向かって光線を照射し、かつこの足後面部位を撮像するかかと側光線照射撮像手段、の3組であることを特徴とする足型計測装置である。

【0030】足型計測においては、足の形状が略L字形状をしており、人体の一部であることから計測に制限がある。一方、足型を計測し、求める数値には、足長（かかとからつま先までの長さ）、足幅（親指の付け根と小指の付け根の間の間隔）、足囲（親指の付け根と小指の付け根を通る足の周囲長）、甲の高さ、くるぶしの位置等がある。本発明によれば、足の三次元形状を、少ない数（3組）の光線照射撮像手段で測定することができ、安価な足型計測装置とすることができます。また、この装置により上記数値を求めることもできる。また、甲側光線照射撮像手段のデータを用いることで、足の甲や足指の形状を正確に計測できるので、足幅、甲の高さ、くるぶしの位置などを算出できる。また、足指の並び方や外反母趾の程度等を正確に計測することもできる。

【0031】なお、請求項8に記載の足型計測装置であって、前記甲側光線照射撮像手段の甲側撮像部材の光軸と、前記足裏側光線照射撮像手段の足裏側撮像部材の光軸とが一致し、かつ、前記かかと側光線照射撮像手段のかかと側撮像部材の光軸と、甲側撮像部材及び足裏側撮像部材の光軸とが直交するようにこれらの光線照射撮像手段を配置することを特徴とする足型計測装置とするよい。

【0032】各形状情報は、通常他の形状情報の座標系とは直接関係のないローカル座標系に従って表される。このローカル座標系としては、三角測量の原理を用いて被測定物の基準面からの高さを計測するなど形状計測の手法を考慮すると、撮像部材の光軸に直交する平面を仮想または実在の基準面として採用すると都合がよいことが多い。ところで、複数の光線照射撮像手段から得られた形状情報を合成するには、まずアフィン変換を用いて形状情報の座標系を共通の座標系に変換する。本発明によれば、各撮像部材の光軸をこのように配置すると、各々の形状情報におけるローカル座標系で、基準面を光軸に垂直にとったときに、右側光線照射撮像手段の基準面と左側光線照射撮像手段の基準面とが一致したまたは平行になる。また、かかと側光線照射撮像手段の基準面が、甲側及び足裏側光線照射撮像手段の基準面に直交するようになる。このため、これら3組の光線照射撮像手段の画像出力からそれぞれ算出した形状情報を座標変換して合成するのに、アフィン変換の際の変換行列等の内容が簡単になり、アフィン変換の計算が簡単になる。

【0033】さらに請求項9に記載の解決手段は、請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、前記複数組の光線照射撮像手段は、上記足の右横側から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足右側面部位に向かって光線を照射し、かつこの足右側面部位を撮像する右側光線照射撮像手段と、上記足の左横側から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足左側面部位に向かって光線を照射し、かつこの足左側面部位を撮像する左側光線照射撮像手段と、上記足の裏の下方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足下面部位に向かって光線を照射し、かつこの足下面部位を撮像する下側光線照射撮像手段、の3組であることを特徴とする足型計測装置である。

【0034】足型計測においては、足の形状が略L字形状をしており、人体の一部であることから計測に制限がある。一方、足型を計測し、求める数値には、足長、足幅、足囲、甲の高さ、くるぶしの位置等がある。本発明によれば、足の三次元形状を、少ない数（3組）の光線照射撮像手段で測定することができ、安価な足型計測装置とすることができます。また、この装置により上記数値を求めることもできる。

【0035】なお、請求項9に記載の足型計測装置であって、前記右側光線照射撮像手段の右側撮像部材の光軸と、前記左側光線照射撮像手段の左側撮像部材の光軸とが一致し、かつ、前記下側光線照射撮像手段の下側撮像部材の光軸と、右側撮像部材及び左側撮像部材の光軸とが直交するようにこれらの光線照射撮像手段を配置することを特徴とする足型計測装置とするとよい。

【0036】各撮像部材の光軸をこのように配置すると、各々の形状情報におけるローカル座標系で、基準面を光軸に垂直にとったときに、右側光線照射撮像手段の基準面と左側光線照射撮像手段の基準面とが一致したまたは平行になる。また、下側光線照射撮像手段の基準面が、右側及び左側光線照射撮像手段の基準面に直交するようになる。このため、これら3組の光線照射撮像手段の画像出力からそれぞれ算出した形状情報を座標変換して合成するのに、アフィン変換の際の変換行列等の内容が簡単になり、アフィン変換の計算が簡単になる。

【0037】さらに、請求項10に記載の解決手段は、請求項4から請求項7に記載の足型計測装置であって、前記複数組の光線照射撮像手段は、上記足の甲の斜め前上方から、少なくとも足のつま先からかかとまでの足上面部位に向かって光線を照射し、かつこの足上面部位を撮像する甲側光線照射撮像手段と、上記足の裏の斜め後ろ下方から、少なくとも足のつま先からかかとの上部までの足裏後面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏後面部位を撮像する足裏後側光線照射撮像手段、の2組であることを特徴とする足型計測装置である。

【0038】足型計測においては、足の形状が略L字形状をしており、人体の一部であることから計測に制限が

11

ある。一方、足型を計測し、求める数値には、足長、足幅、足囲、甲の高さ、くるぶしの位置等がある。しかし、シーフィッティング等のための足型計測において、ふくらはぎの下部の形状はあまり重要ではないことが多い。本発明によれば、ふくらはぎの下部の形状計測が省略されるが、足の略全体の三次元形状をより少ない数（2組）の光線照射撮像手段で測定することができ、安価な足型計測装置とすることができる。また、この装置により上記数値を求めることもできる。また、甲側光線照射撮像手段のデータを用いることで、足の甲や足指の形状を正確に計測できるので、足幅、甲の高さ、くるぶしの位置などを算出できる。また、足指の並び方や外反母趾の程度等を正確に計測することもできる。

【0039】なお、上記足裏後側光線照射撮像手段に代えて、足の裏の斜め後ろ下方から、足のつま先からかかとまでの足裏面部位に向かって光線を照射し、かつこの足裏面部位を撮像するように足裏側光線照射撮像手段を配置してもよい。シーフィッティング等のための足型計測において、かかとの上側の形状はあまり重要ではないことが多い。上記によれば、足裏からかかとまで形状測定ができるので、より少ない数（2組）の光線照射撮像手段を用いながらも、足の大部分の三次元形状を計測することができるようになり好ましい。また、甲側光線照射撮像手段のデータを用いる利点は上記と同様に得ることができる。

【0040】さらに、請求項11に記載の解決手段は、請求項10に記載の足型計測装置であって、前記甲側光線照射撮像手段の甲側撮像部材の光軸と、前記足裏後側光線照射撮像手段の足裏後側撮像部材の光軸とが一致するようにこれら光線照射撮像手段を配置することを特徴とする足型計測装置である。

【0041】各形状情報は、通常他の形状情報の座標系とは直接関係のないローカル座標系に従って表される。このローカル座標系としては、三角測量の原理を用いて被測定物の基準面からの高さを計測するなど形状計測の手法を考慮すると、撮像部材の光軸に直交する平面を基準面として採用すると都合がよいことが多い。ところで、複数の光線照射撮像手段から得られた形状情報を合成するには、まずアフィン変換を用いて形状情報の座標系を共通の座標系に変換する。本発明によれば、各撮像部材の光軸をこのように配置すると、各々の形状情報におけるローカル座標系で、基準面を光軸に垂直にとったときに、甲側光線照射撮像手段の基準面と足裏側光線照射撮像手段の基準面とが一致したまたは平行になる。このため、この2組の光線照射撮像手段の画像出力からそれぞれ算出した形状情報を座標変換して合成するのに、アフィン変換の際の変換行列等の内容が簡単になり、アフィン変換の計算が簡単になる。

【0042】さらに、請求項12に記載の解決手段は、請求項8から請求項11に記載の足型計測装置であつ

12

て、ミラーを用いて前記光線の光路および撮像部材が見込む光学像の光路の少なくともいずれかを折り曲げることを特徴とする足型計測装置である。

【0043】本発明によれば、光路を折り曲げることにより、撮像部材の視野角や光線偏向手段の偏向角等から要求される必要な光路の長さを保ちながらも、足型計測装置の大きさを小さくすることができる。

【0044】さらに、請求項13に記載の解決手段は、請求項4から請求項12に記載の足型計測装置であつて、略全壁面が遮光性壁で形成され、足を内部に挿入するための開口であって、足を挿入することで内部が略暗室状態となる大きさの足挿入開口を有し、内部に前記光線照射撮像手段のいずれも含むように取り囲む計測筐体を備えることを特徴とする足型計測装置である。

【0045】本発明によれば、足を計測筐体中に挿入して足型計測するときには、筐体内部は略暗室となるので、店舗や測定室等の照明や太陽光など外部からの外乱光が減殺され、計測精度を高くすることができる。店舗や測定室全体の照明を暗くする等の操作が不要であり、計測筐体中に足を挿入するだけで精度良く計測ができる。また、計測のために使用するレーザ光線等の光線が外部に漏れることをも防止できるので、使用者の安全を図ることができる。

【0046】さらに、請求項14に記載の解決手段は、請求項4から請求項13に記載の足型計測装置であつて、前記光線照射手段は、所定コードに従うストライプ状パターンの光線を照射するストライプ状光線照射手段であり、前記撮像部材から出力される空間コード化画像情報から空間コード化法により前記足の形状を算出する30 空間コード型画像情報演算手段であることを特徴とする足型計測装置である。

【0047】足の形状計測において、画像情報の演算手法にはいろいろな手法が考えられ、例えば、空間コード化法や位相シフト法が挙げられる。本発明によれば、このうち空間コード化法による計測を行うので、各画素の見込む足表面はある空間コードに従ったパターンで光線が照射されることになる。逆に、足表面の各部分に照射されたパターンから空間コードを知ることで、その部分の高さを算出できるので、容易に算出できる。また、画像情報を明暗二値化した上で形状情報を算出するので、外乱光の影響が少なく、外乱光の多い店舗の店先等でも安定して計測することができる。

【0048】

【発明の実施の形態】各実施の形態の詳細を説明する前に、被測定物の形状を計測する手法について説明する。被測定物の形状を計測する手法としては、空間コード化法や位相シフト法、モアレ法、干渉縞法等があるが、以下に説明する各実施の形態で用いる形状の計測手法としては、空間コード化法を用いた例を示す。

50 【0049】空間コード化法は、物体の三次元形状を非

接触で計測する手法の1つであり、図1を参照して説明する。図1の形状計測装置110は、レーザ光源117と、レーザ光をスリット形に整形するレンズ系118と、整形されたレーザ光を被測定物Mに向けて照射するポリゴンミラー119と、被測定物Mによる反射光を検出するCCDカメラ111と、これらを制御するコントロール部112とを有している。

【0050】レーザ光源117は、所定の規則に従って点滅するように制御されており、ポリゴンミラー119は回転してレーザ光を偏向・走査する。従って、被測定物Mの表面には、レーザ光が照射された部分と照射されなかった部分との明暗のストライプ模様が生ずる。ここで、CCDカメラ111の1フレーム(1枚分)の蓄積時間(撮像期間)内にレーザ光の走査が1回行われるようになっているので、1フレーム分の画像データには、被測定物Mのストライプ模様状のデータが蓄積される。そして、異なる点滅パターンによる複数回の走査をおこなって、異なる複数のストライプ模様データを各走査ごとに蓄える。ついで、これらのストライプ模様データに基づき、コントロール部112に内蔵される演算装置が、被測定物Mの各点の空間コードを算出し、さらに三角測量の原理を利用して各画素に対応する被測定物M上の点の座標を算出し、形状を計測する。

【0051】この手法によれば、光が照射される空間には一連の空間コードが付されるため、被測定物Mの基準面からの高さが高くても(高低差が大きくても)、光が照射される空間内にあれば、空間コードから高さが演算*

$$Z = \frac{(x \cdot hc - f(m - hm \cdot \tan \alpha))}{(x + f \cdot \tan \alpha)} \quad (1)$$

で表すことができる。図2より明らかなように、hc、f、m、hmはいずれも被測定物Mと無関係な固定値である。従って、xとαが判れば、(1)式よりZが算出できる。なお、上記式においては、y方向(図2における紙面に垂直な方向)の座標(位置)が現れないが、CCDカメラ21の受光素子28のy方向画素位置から直接導出されるので、3次元計測が可能となる。なお、上記式(1)は、上記したように高さZの基準面Lに対しCCDカメラ21の光軸Uが直交するようにした場合に成立する式である。

【0055】ここで、上記した空間コード化法によれば、図3に示すように光線を照射する空間を一連の空間コードScが付された小空間で細分することができる。即ち、基準面Lから高さhmの位置にあるポリゴンミラー5の鏡面5aの走査中心を中心とした断面扇状の小空間に細分でき、各小空間には、空間コードSc=0, 1, 2, ...を付すことができる。そして、各空間コードScの番号とその空間コードが付された小空間の偏向角αとの関係は鏡面5aの角度から算出することができる。

【0056】上記したように、異なる点滅パターンによる複数回の走査をおこなって、異なる複数のストライプ模様データを蓄えたので、図2における被測定物Mの上

*できる。従って、高さの高い被測定物についても全体にわたって形状を計測できる。

【0052】更に、レーザ光を走査して用いたこの例においては、機械的なパターンマスクおよびその入れ替え操作を不要として、装置の小型化と迅速な計測ができる利点がある。また、上記から判るように、被測定物には明と暗のストライプ状に光線が照射される。このため、多少の外乱光が照射されても、画像情報を明暗二値化した上で形状を算出するので、安定して形状計測できる利点がある。

【0053】ついで、三角測量の原理による高さ測定の方法について、図2を参照して簡単に説明する。ここでは、基準面L上に置かれた被測定物Mの図中上面の高さZを測定するものとする。レーザ光源2から発射された光線は、ポリゴンミラー5の鏡面5aで反射して被測定物Mの上面に照射される。これをCCDカメラ21の対物レンズ27を通して受光素子28上に結像させて撮像する。ここで、CCDカメラ21の光軸Uは、基準面Lに垂直になる(直交する)ように配置されているものとし、基準面Lから鏡面5aの走査中心までの高さをhm、基準点Aからの偏向角度をα、基準面LからCCDカメラ21の対物レンズ27の主点までの高さをhc、対物レンズ27の焦点距離をf、基準点AからCCDカメラ21の光軸Uまでの基準面L上の距離をm、CCDカメラ21の受光素子28上の受光した画素位置(被測定物Mの上面を見込む画素位置)をxとする。

【0054】このとき、被測定物Mの上面の高さZは、

$$Z = \frac{(x \cdot hc - f(m - hm \cdot \tan \alpha))}{(x + f \cdot \tan \alpha)} \quad (1)$$

面は、点滅パターンの違いにより光線が照射されたりされなかったりすることになる。即ち、例えば、被測定物Mの上面が空間コードSc=4の空間内に位置していた場合には、空間コードSc=4に特有のパターンで光線が照射される。逆に言えば、被測定物Mの上面の明暗を、蓄えた各照射パターン画像情報にわたって点検すれば、その明暗の現れ方によって被測定物Mの上面が属する空間コードScを知ることができる。従って、偏向角αも知ることができる。また、被測定物Mの上面を見込む画素の位置xは明らかであるから、これにより、上記(1)式によって被測定物Mの上面の高さZを算出することができる。

【0057】(実施形態1) 本発明の足型計測装置(形状計測装置)100を、図4～図11と共に説明する。図4は、足型計測装置100の機能構成を説明するための説明図である。本装置100においては、被測定物である足F(図4では図示しない)に対して、3つの方向から光線を照射し、それぞれの方向から撮像して形状を算出し、さらに変数変換によって共通の座標系でのデータとした後に合成して、三次元的に足Fの合成形状情報を算出する。図4において、基準面L a, L b, L cをそれぞれ基準として形状を測定するために、足(被測定

15

物) Fに光線を照射し、その表面にできた光学像を撮像する光線照射撮像手段(計測ヘッド) 7a, 7b, 7cと、撮像された画像情報から形状情報を算出した後に座標変換し合成して、足Fの合成形状情報を算出する形状演算部30と、制御部10とを有している。また、3台の計測ヘッド7a, 7b, 7cは、計測筐体9内に納められている。なお、以下において、7a, 7b, 7cなど小文字a, b, cのある番号及び記号については、例えば光線照射撮像手段7のように省略して記載することもある。

【0058】ここで、計測ヘッド7a, 7b, 7cには、それぞれ、光線を足Fに照射する光線照射手段6a, 6b, 6cと、光線により足Fに生じた光学像を撮像する撮像部材であるCCDカメラ21a, 21b, 21cとが含まれている。さらに詳しくいえば、光線照射手段6a, 6b, 6cには、それぞれ、レーザ光源2a, 2b, 2cと、このレーザ光源2から発射されるレーザ光線をそれぞれ整形してスリット状光線とするレンズ系3a, 3b, 3cと、このスリット状光線を足Fに照射しつつ偏向走査するポリゴンミラー5a, 5b, 5cとが含まれている。CCDカメラ21a, 21b, 21cは、撮像期間(例えば1/60秒)毎に撮像し、これらから出力される画像情報は、画像情報演算部40に送られる。

【0059】また、制御部10には、光線制御データメモリ(図4ではデータメモリと表示)12と、この光線制御データメモリ12に格納されているコードを読み込んで、これに従ってレーザ光源2a, 2b, 2cをそれぞれ制御するレーザコントローラ13とが含まれている。さらに、制御部10には、同期駆動制御回路71が含まれ、各ポリゴンミラー5a, 5b, 5cを駆動すると共に回転数や各鏡面の角度(回転角度)を調整している。また、レーザコントローラ13を通じてレーザ光源2の点滅のタイミングと、ポリゴンミラー5の回転角度と、CCDカメラ21の撮像のタイミングとを同期させている。また、光線制御データメモリ12から読み込むレーザ光源の点滅パターンの選択(コードの選択)も行う。

【0060】さらに、形状演算部30は、足Fの基準面La, Lb, Lcを基準とした形状情報をそれぞれ算出する画像情報演算部40と、算出された形状情報を座標変換した上で合成して足Fの合成形状情報を算出する形状情報合成部60とを有している。さらに詳しく言えば、画像情報演算部40には、画像情報を取り込んで明暗の二値化画像情報に変換したうえで格納する画像情報取回路(取回路と表示)41と、CCDカメラ21と画像情報取回路41との間に介在し、このCCDカメラ21からの画像情報を切り替えて、画像情報取回路41へ送るマルチプレクサ39と、二値化画像情報から空間コード化法により足Fの形状情報を算出する画像

16

演算処理部(演算処理1, 2, 3と表示)42a, 42b, 42cと、算出された形状情報を格納する形状情報メモリ(形状メモリ1, 2, 3と表示)43a, 43b, 43cとが含まれている。

【0061】なお、画像演算処理部42および形状情報メモリ43においては、画像演算処理部42aや形状法メモリ43aでは、CCDカメラ21aからの画像情報を処理するというように、各CCDカメラ21からの画像情報は対応する画像演算処理部42等で処理されることは言うまでもない。また、画像情報取回路41では、CCDカメラ21から取り込んだ例えば8ビットの階調をもつ各画素毎の明度画像情報を、まず二値化演算回路によって各画素分について明暗二値化情報に変換し、その後、二値化画像情報メモリのいずれかに格納する。

【0062】また、形状情報合成部60には、それぞれの形状情報メモリ43から出力される形状情報を共通の座標系で表すために座標変換を行う座標変換処理部(座標変換処理1, 2, 3と表示)61a, 61b, 61cと、座標変換された形状情報を合成して足F(被測定物)の合成形状情報を算出する形状合成処理部(形状合成処理と表示)63とが含まれている。

【0063】形状合成処理部63で算出された足Fの合成形状情報は、その後、表示処理部80において、CRT等の画面表示のための処理がなされたり、演算処理部90において、足長その他の数値が算出される。

【0064】本例の足型計測装置100では、レーザ光源2から照射されたレーザ光線を、レンズ系3でスリット状光線に整形し、ポリゴンミラー5で反射しつつ偏向走査して足F(および基準面L)に向けて斜め方向から照射する。

【0065】ここで、レーザコントローラ13は光線制御データメモリ12からデータを読み込み、このデータに従ってレーザ光源2の点滅(スイッチング)の制御を行う。この光線制御データメモリ12には、例えば、図5に示すようなグレイコードに従う8種のコードが格納されている。そこで、0~7のメモリビットのうちの1つを選択してレーザコントローラ13に読み込む。そして、例えば、このコードのデータのうち「0」を暗(消灯)に、「1」を明(点灯)に対応させることとして、選択したコードのデータに従って、例えばクロックバス等により所定の間隔毎に、0~255のメモリアドレスの順にレーザ光源2を点滅させる。このようにすると、例えば、図5のメモリビット0のコードが選択された場合、所定の時間間隔で、暗、明、明、暗、暗、明、明、暗…というパターンでレーザ光源2を点滅させることになる。

【0066】これにより、ポリゴンミラー5によって走査されるスリット状光線は、読み込まれたコードに従ったストライプ状パターンの光線となり、足Fの表面には

17

ストライプ状パターンの光学像が形成され、足Fの各部分の高さはストライプ状パターンの明暗のずれとして観察されるようになる。上記8種のコードに従った8種の光線を照射することで、光線が照射される空間は、空間コード化法により256ヶ (= 2⁸ヶ) の一連のコード番号が付された小空間に分割される。したがって、足Fの各表面部分は、撮像した8種の光学像から判定される空間コードの番号で表されることになり、前記した三角測量の原理によって、足Fの各部分の形状(高さ)が算出される。

【0067】そこで、この光学像をCCDカメラ21(画素数512×240ヶ)で撮像し、その出力である画像情報をマルチブレクサ39を介して画像情報取回路41に送る。なお、CCDカメラ21からの画像情報は、各画素毎に明度を8ビットの階調で表わしたデータとなっている。

【0068】ここで、上述のように同期駆動制御回路71により、レーザコントローラ13、ポリゴンミラー5およびCCDカメラカメラ21は同期して動作している。即ち、同期駆動制御回路71は、CCDカメラ21の1フレーム分の撮像期間(1/60秒)中に、スリット状光線が足Fを1または複数回の所定回数走査するように、CCDカメラ21の撮像タイミングやポリゴンミラー5の回転数および各鏡面の角度を制御している。さらに、所定パターンの光線を足Fに照射するようにレーザコントローラ13がレーザ光源2を制御するタイミングをもこれらに同期させている。なお、1フレーム分の撮像期間内にスリット状光線を複数回走査する場合には、レーザ光源2を各走査毎に同じコードに従ったパターンで点滅させる。ただし、足Fの反射率や外乱光を考慮して、複数回(例えば5回)の走査のうち、実際にレーザ光源2を点滅させて走査するのを、このうちの適数回(例えば2回)だけとし、あとはレーザ光源2を消灯するようにしてもよい。

【0069】CCDカメラ21から取り込んだ画像情報は、画像情報取回路41において、上述したようにまず二値化演算回路によって、各画素毎に明暗二値化画像情報に変換され、その後、二値化画像情報メモリのいずれかに格納される。

【0070】ついで、同期駆動制御回路71の指示により、レーザコントローラ13が光線制御データメモリ12から、先回の撮像に使用しなかったメモリビット(例えば、メモリビット1)のコードを読み込み、これに従って、上記と同様にレーザ光源2を点滅させる。ついで、このコードに従ったストライプ状パターンの光線により形成された足Fの光学像を撮像し、画像情報取回路41において、上記と同様に二値化画像情報に変換し、まだ二値化画像情報が格納されていない二値化画像情報メモリのいずれかに格納する。これを、図5に示すメモリビット0~7に格納された8種のコードについて

18

行う。なお、撮像の順序は、メモリビットの順になっている必要はない。

【0071】各二値化画像情報メモリへ各コードに従った二値化画像情報がそれぞれ格納されたら、この8ヶの二値化画像情報を画像演算処理部42に読み込む。その後、空間コード化法により各部分の空間コードを割り出し、上記した三角測量の原理を用いて足Fの形状情報を算出する。算出された形状情報は、形状情報メモリ43に格納される。このようにして、3つの計測ヘッド7

10 a、7b、7cによって光線が照射され撮像された足Fについて、それぞれ形状情報を算出し形状情報メモリ43a、43b、43cに格納する。なお、足Fの計測において、ある瞬間において光線を照射し撮像するのは、1つの計測ヘッド7だけとするのが好ましい。同時に複数のレーザ光源2から光線が照射されると、反射光等が他のCCDカメラ21にも入射するため、誤測定を生じる可能性があるからである。従って、上述のように8種のコードで各々撮像したとすると、24回(=8×3)の撮像で終了できることになる。

20 【0072】ついで、座標変換処理部61における処理について説明する。3つの計測ヘッド7a、7b、7cにおいては、それぞれ基準面L_a、L_b、L_cからの高さを三角測量の原理によって測定して、足F(被測定物)の形状情報を算出した。従って、各形状情報が用いている座標系(以下、ローカル座標系ともいう)が、互いに異なっているのが通常である。これでは、3つの形状情報を合わせて1つの形状情報にすることができないため、まず、各形状情報を共通の座標系(以下、ワールド座標系ともいう)での表示に座標変換する必要がある。この座標変換を座標変換処理部61で行う。

【0073】座標変換の具体的な手法としては、アフィン変換を用いる。例えば、ある直交座標系(ローカル座標系H_L)で表されたある点を、他の直交座標系(ワールド座標系H_W)上に座標変換するには、以下の式(2)によって行う。

$$X_w = A X_L + B \quad (2)$$

ここで、X_wは、ワールド座標系での縦ベクトル X_w = (x_w, y_w, z_w)

X_Lは、ローカル座標系での縦ベクトル X_L = (x_L, y_L, z_L)

Aは、3次の正方行列

Bは、3次の縦ベクトルである。

【0074】そこで、各形状情報についてアフィン変換のための変換行列Aおよび変換ベクトルBを予め決定しておき、上記式(2)により座標変換を行う。変換行列Aおよび変換ベクトルBは、変換しようとするローカル座標系H_Lとワールド座標系H_Wとの関係によって異なるが、例えば、あるローカル座標系をワールド座標系H_Wとしても用いることとすれば、そのローカル座標系で表

50

19

されている形状情報は座標変換する必要が無くなり、残りの形状情報についてのみ、座標変換すれば済むことになる。また、ローカル座標系同士の関係が特殊な関係になっている場合には、変換行列Aや変換ベクトルBの内容が簡単になる場合があるので、そのような関係になるように、例えば後述するようなローカル座標系を選択すると良い。

【0075】上記した座標変換処理部61によって、それぞれワールド座標系H_wで表された形状情報に変換された変換形状情報は、その後、形状合成処理部63において、合成されて合成形状情報となる。即ち、足Fの各部の形状情報が、ワールド座標系H_wで表現されているので、合成して足F全体の合成形状情報として用いることができるようになる。

【0076】その後は、表示処理部80において、足F全体の形状をワイヤーフレームによって画像表示したり、任意の部分の断面形状を表示するなど、CRTやプリンタ等において足の形状を表現すべく各種の処理が施される。また、演算処理部90においては、足長、足幅、足囲等任意の部分の寸法が、合成形状情報を元に算出される。

【0077】ついで、計測ヘッド7a、7b、7cの配置について説明する。被測定物である足Fは、略L字状であり、かつ人体の一部であるため、独立物と異なり、計測に適するように、足のみを移動させることは難しい。従って、光線を照射する方向および撮像する方向を考慮する必要がある。本実施形態においては、図6に示すように、3つの方向から足Fを撮像する。図6において、3つの撮像中心C_a、C_b、C_cは、それぞれCCDカメラ21a、21b、21cに対応している。また、図6においては図示しないが、CCDカメラ21の近傍を中心として足Fに向かって光線照射手段6からレーザ光線が照射される。

【0078】さらに詳細に説明すると、本実施形態では、以下の3つの方向からレーザ光線を照射し、撮像する計測ヘッド7（図6では図示しない）を有する。

①甲側計測ヘッド7aは、足Fの甲の斜め前上方に配置された光線照射手段6aから、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からくるぶしまでの足上面部位に照射するとともに、足Fの甲の斜め前上方の撮像中心C_aにCCDカメラ21aが位置するように配置し、ここから少なくともこの足上面部位を撮像する。

②足裏側計測ヘッド7bは、足Fの裏の斜め後下方に配置された光線照射手段6bから、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からかかとまでの足裏面部位に照射するとともに、足Fの裏の斜め後下方の撮像中心C_bにCCDカメラ21bが位置するように配置し、ここから少なくともこの足裏面部位を撮像する。

③かかと側計測ヘッド7cは、足Fのかかとの斜め後上方に配置された光線照射手段6cから、レーザ光線を、

20

少なくとも足Fのふくらはぎの下部からかかとまでの足後面部位に照射するとともに、足Fのかかとの斜め後上方の撮像中心C_cにCCDカメラ21cが位置するように配置し、ここから少なくともこの足後面部位を撮像する。

【0079】このようにすることで、3つという少ない数の計測ヘッドで、計測ヘッドを移動させることなく、足Fのほぼ全表面の形状が計測できる。また、甲側計測ヘッド7a（従って、CCDカメラ21a）によって撮像される足Fの甲上面部位の形状情報は、足の甲や足指の形状についての情報を含んでいるので、この形状情報を用いて、足幅、足囲などの他、足指の並び方や外反母趾の程度等を正確に計測することができる。

【0080】ところで、図6に示した方向からレーザ光線を照射し、撮像すると、計測ヘッド7の位置が足Fから遠く離れる事になるので、計測ヘッド7等の計測筐体9の寸法が大きくなる。そこで、図7に示すように、計測筐体9内に3つの計測ヘッドを納めつつ、ミラーを用いてレーザ光線および撮像の光路を折り曲げて、寸法の小さい計測筐体9であっても、同様の計測ができるようとする。

【0081】なお、図7においては、計測ヘッド7内の光線照射手段6は、図示を省略して矢印で表現している。またCCDカメラ21についても矩形枠で表現している。また、前後左右上下の表現については、足Fのつま先方向を前、かかと方向を後、甲方向を上、足裏方向を下、つま先方向に向かって右方向を右、左方向を左として記述することとして説明する。

【0082】図7において、甲側計測ヘッド7aは、足Fのつま先の前方斜め上において、後方斜め上に向かって配置されている。そして、計測筐体9の上面において、下に向けて設けられたミラーR_aを用いて光路を折り曲げることにより、足上面部位に光線照射手段6aからのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21aによって足上面部位の光学像を撮像するようにされている。同様に、足裏側計測ヘッド7bは、足Fのつま先の前方斜め下において、後方に向かって配置されている。そして、かかとの下方において、斜め上に向けて設けられたミラーR_bを用いて光路を折り曲げることにより、足裏面部位に光線照射手段6bからのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21bによって足裏面部位の光学像を撮像するようにされている。また、かかとの側計測ヘッド7cは、足Fのかかとの後方斜め下において、上方に向かって配置されている。そして、かかとの後方斜め上において、斜め下に向けて設けられたミラーR_cを用いて光路を折り曲げることにより、足後面部位に光線照射手段6cからのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21cによって足後面部位の光学像を撮像するようにされている。

【0083】このように3つの計測ヘッド7を配置することにより、計測筐体9の寸法をコンパクトにすること

21

ができる。なお、足Fは透明なアクリル樹脂板からなる足台G上に載置するようになっており、これにより、体重を足Fにかけた状態でも、足型が計測できるようになる。また、足台Gは、透明であるので、足裏面部位の形状を計測するにあたって、足裏面部位に光線照射手段6bからのレーザ光を照射し、また足裏面部位を撮像するのに妨げとはならない。

【0084】このように配置された計測ヘッド7を用い、前記したように、光線照射手段6によりスリット状のレーザ光線を足Fに照射し、撮像して空間コード化法および三角測量の原理を用いて計測ヘッドからの画像情報毎に足Fの形状情報を算出し、さらに座標変換し合成して足Fの合成形状情報を算出する。ここで、座標変換の計算を容易にするため、本実施形態においては、各CCDカメラ21の光軸（一点鎖線で示す）を以下のようにしている。即ち、図7(a)に示すように、CCDカメラ21aの光軸Uaと、CCDカメラ21bの光軸Ubとが一致するように配置している。また、CCDカメラ21cの光軸Ucが光軸UaおよびUbと直交するようにしている。

【0085】このようにした理由を以下に説明する。前記したように、三角測量の原理を用いて被測定物Mの高さZを算出する式(1)は、CCDカメラ21の光軸Uが、基準面しに垂直になる（直交する）ように配置されていることを前提としている。逆に、式(1)によって算出された被測定物M上面の高さZおよびX、Yの座標は、基準面しを基準としたローカル座標系で表現されている。従って、計測ヘッド7aにおいて計測された形状情報は、光軸Uaに直交する基準面Laを基準としたローカル座標系H_{La}で表現される。同様に、計測ヘッド7bにおいて計測された形状情報は、光軸Ubに直交する基準面Lbを基準としたローカル座標系H_{Lb}で表現され、計測ヘッド7cにおいて計測された形状情報は、光軸Ucに直交する基準面Lcを基準としたローカル座標系H_{Lc}で表現される。

【0086】ここで、光軸同士の関係を上述した関係にすると、図8に示したように、基準面Laと基準面Lbは、平行になり、基準面Lcは、基準面La、Lbと直交する関係となる。このため、相互のローカル座標系間での座標変換、例えば、座標系H_{La}を基準（ワールド座標系H_w）とし、他の座標系H_{Lb}、H_{Lc}の形状情報を座標変換する場合、式(2)のアフィン変換における変換行列Aおよび変換ベクトルBが簡単になるので、計算が容易になる。特に、いずれの基準面しも、3つの光軸が交わる交点Uoを含むように基準面La、Lb、Lcを選択すると、上記式(2)の変換ベクトルB=0とすることができる。

【0087】ところで、2つの座標系間の変換式を決定するため、予めキャリブレーションを行って、変換式を求めておくのが良い。そこで、本実施形態においては、

22

以下のようにしてキャリブレーションを行う。即ち、足台Gのうち、2つあるいは3つの計測ヘッドから位置（座標）を計測できる適当な位置に、基準点マークを形成しておく。図9(a)は足台Gを上側から見たときの図、図9(b)は足台Gを下側から見たときの図である。この透明な足台Gの上面には、足Fを足台Gに載置したときにも隠れない位置に、基準点マークN1およびN2が形成されている。この基準点マークN1、N2は、直径10mmの円形で灰色のペンキによって足台G上に描かれている。なお、基準点マークN1、N2の直径は、5~15mmの範囲がよく、10mm程度がより好ましい。

【0088】予め、あるいは足型の計測と同時に、この基準点マークの位置も3つの計測ヘッド7を用いて計測する。なお、このとき、基準点マークN1、N2は、橢円として観察される。すると、各計測ヘッド7毎に、基準点マークN1、N2の形状が、そのローカル座標系に従って算出できるので、この基準点マークN1、N2の重心（中心）の座標を算出し、基準点Q1、Q2とする。具体的には、橢円の長径と短径の交点の位置を求める。基準点マークN1、N2の形状は、計測ヘッドによって異なる橢円形状として観察されるが、この基準点Q1、Q2は各々1点である。

【0089】そこで、あるローカル座標系で表されたこの基準点Q1、Q2の座標を座標変換したときに、他のローカル座標系（ワールド座標系）で表された基準点Q1、Q2の座標とそれぞれ一致するように、変換パラメータ（変換行列A及び変換ベクトルB）を求める。この変換パラメータを用いれば、あるローカル座標系で表された形状情報を、共通のワールド座標系の座標に変換できることになる。なお、上記では、ワールド座標系としてローカル座標系の1つをそのまま用いた場合を示したが、ワールド座標系として、いずれのローカル座標系とも異なる座標系を選択しても良い。例えば、ワールド座標系として、図6に示す足置平面G_o（足台Gの上面G_u）をXY平面とした直交座標系を選択しても良い。この座標系を選択すると、足長、足幅、足囲、甲の高さ等の算出が容易にできる。なお、基準点マークとして円形のマークN1、N2を用いた例を示したが、足台Gに球状の基準点マークを一部または全部埋め込んで用いても良い。

【0090】本実施形態においては、足台Gの上面G_uを平面とした例を示したが、足台Gは、図10(a)に示すように平板である必要はなく、図10(b)に示すように、上面G_uに曲面あるいは平面で靴底その他の形状を模した靴底形状を形成しても良い。靴底形状とすると、足型計測によって、実際に靴を履いたときの足Fの形状に近づけて足型を計測できるので、よりフィットした靴の製作や選定等ができる。具体的には、ハイヒール形状、ローヒール形状、土踏まず部分に膨らみを持たせた

形状にする例が挙げられる。さらに、色々な靴底形状の足台を必要に応じて交換可能としておくと、顧客の求めている靴に合わせて足型を計測できるので都合がよい。なお、足台Gの下面Gdについては、図10(b)のように上面Guの靴底形状に倣って曲面等としても良いが、下面Gdは平面としても良い。

【0091】また、計測ヘッド7及び足台G等を内部に配置した計測筐体9は、計測ヘッド7やミラーR、足台Gを固定できれば足りる。しかし、本実施形態では、図11に示すように、略全面に不透明な壁(遮光性壁)を形成した箱体とし、箱の上面に形成した開口OPから、足Fを差し入れて足台G上に載せて足型を計測するようにした。このようにすると、外部からの光、例えば店舗内の照明や太陽光等が計測筐体内入り難くなるので、外乱光による計測の誤差等を少なくできるので好ましい。また、レーザ光線が外部に漏れることができるので、測定者その他の眼にレーザ光線が飛び込む危険性を回避することができる。なお、計測筐体9の内部壁面は、黒色にして、反射光による影響がより少なくなるようにしてある。さらに、本実施形態では、足Fの抜き差しに差し支えのない範囲で、開口OPの大きさを小さくしておき、足Fを差し入れると、内部が略暗室となるようにした。外部からの光が計測筐体9内により入り難く、あるいは、レーザ光線が漏れ難くなるからである。

【0092】(変形例)について、上記実施形態1の計測ヘッド7の配置を異なるものとした変形例について説明する。この変形例の足型計測装置の機能構成は、実施形態1と同様であるので、共通する部分の説明は省略し、異なる部分である計測ヘッド7の配置についてのみを説明する。図12は、変形例における計測ヘッド7'の配置を示す説明図である。本例においては、実施形態1と同様に3台の計測ヘッド7'を用い、CCDカメラ21a'、21b'、21c'が撮像中心Ca'、Cb'、Cc'にそれぞれ位置するように配置する。また、図12においては図示しないが、CCDカメラ21'の近傍を中心として足Fに向かって光線照射手段6'からレーザ光線が照射される。

【0093】さらに詳細に説明すると、本例では、以下の3つの方向からレーザ光線を照射し、撮像する計測ヘッド7'を有する。

①右側計測ヘッド7a'は、足Fの右横側に配置された光線照射手段6a'から、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からかかとまでの足右側面部位に照射するとともに、足Fの右横側の撮像中心Ca'にCCDカメラ21a'が位置するように配置し、ここから少なくともこの足右側面部位を撮像する。

②左側計測ヘッド7b'は、足Fの左横側に配置された光線照射手段6b'から、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からかかとまでの足左側面部位に照射するとともに、足Fの左横側の撮像中心Cb'にCCDカメラ

21b'が位置するように配置し、ここから少なくともこの足左側面部位を撮像する。

③下側計測ヘッド7c'は、足Fの裏面の下方に配置された光線照射手段6c'から、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からかかとまでの足下面部位に照射するとともに、足Fの裏面の下方の撮像中心Cc'にCCDカメラ21c'が位置するように配置し、ここから少なくともこの足下面部位を撮像する。

【0094】このようにすることでも、3つという少ない数の計測ヘッドで、足Fのはば全表面の形状が計測できる。しかして、図12に示した方向からレーザ光線を照射し、撮像すると、計測ヘッド7'を入れる計測筐体9'の寸法が大きくなるので、実施形態1と同様に、図13に示すように、計測筐体9'内に3つの計測ヘッドを納めつつ、ミラーを用いて、寸法の小さい計測筐体9'とする。なお、図13においては、計測ヘッド7'内の光線照射手段6'は、図示を省略して矢印で表現している。またCCDカメラ21'についても矩形枠で表現している。

【0095】図13において、右側計測ヘッド7a'は、足Fの右横斜め下において、上方に向かって配置されている。そして、足Fの右横において、斜め下に向けて設けられたミラーR a'を用いて光路を折り曲げることにより、足右側面部位に光線照射手段6a'からのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21a'によって足右側面部位の光学像を撮像するようになっている。同様に、左側計測ヘッド7b'は、足Fの左横斜め下において、上方に向かって配置されている。そして、足Fの左横において、斜め下に向けて設けられたミラーR b'を用いて光路を折り曲げることにより、足左側面部位に光線照射手段6b'（図示しない）からのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21b'によって足左側面部位の光学像を撮像するようになっている。また、下側計測ヘッド7c'は、足Fの下方やや右寄りで右側計測ヘッド7a'の隣りにおいて、右方に向かって配置されている。そして、足Fの下方において、斜め上に向けて設けられたミラーR c'を用いて光路を折り曲げることにより、足下面部位に光線照射手段6c'（図示しない）からのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21c'によって足下面部位の光学像を撮像するようになっている。

【0096】このように3台の計測ヘッド7'を配置することにより、計測筐体9'の寸法をコンパクトにすることができる。なお、足Fは透明なアクリル樹脂板からなる足台G'上に載置するようになっており、これにより、体重を足Fにかけた状態でも、足型が計測できるようになる。また、足台G'は、透明であるので、足Fの形状を計測するにあたって、光線照射手段6'からのレーザ光を照射し、また足の各部位を撮像するのに妨げとはならない。なお、図13に示す本例においては、足台G'が計測筐体9'の左右全体に架設された例を示した

が、計測ヘッド7 a' および7 b' の上方のみ開口を設けるなどして、これらの計測ヘッドでのレーザ光線の照射および撮像において、足台G' を透過しなくても良いようにしても良い。

【0097】なお、本例においても、実施形態1と同様に、CCDカメラ21' の各光軸Ua', Ub', Uc' は、光軸Ua' と光軸Ub' が一致し、光軸Uc' が光軸Ua' およびUb' と直交するように配置されている。このように配置すると、変数変換のための変換パラメータが簡単になる。また、本例の計測筐体9' には、足Fのかかとを突き当てて足Fの位置の基準とすべくストッパーSTが形成されている。このストッパーSTは、足長などを算出するときの基準とすることができる。

【0098】(実施形態2)について、2台の計測ヘッドを用いて、足Fの略全体の形状を計測できるように配置した実施形態2について説明する。本実施形態の足型計測装置200における機能構成は、図14に示すように、計測ヘッドが7 a' と7 b' の2台となり、それに伴って画像情報処理部や座標変換処理部等の数も2つになっただけで、実施形態1と同様であるので、説明は省略する。

【0099】ついで、2台の計測ヘッド7 a'' 、7 b'' の配置について説明する。被測定物である足Fの形状等を考慮し、2台の計測ヘッドで、足Fの略全体の形状を計測できるようにするために、本実施形態では、図15に示すように、以下の2つの方向からレーザ光線を照射し、撮像するように計測ヘッド7' を配置した。

①甲側計測ヘッド7 a'' は、足Fの甲の斜め前上方から、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からくるぶしまでの足上面部位に照射するとともに、足Fの甲の斜め前上方から少なくともこの足上面部位を撮像する。

②足裏後側計測ヘッド7 b'' は、足Fの裏の斜め後下方から、レーザ光線を、少なくとも足Fのつま先からかかるとの上部までの足裏後面部位に照射するとともに、足Fの裏の斜め後下方から少なくともこの足裏後面部位を撮像する。

【0100】このようにすることで、2台という最小数の計測ヘッドで、ヘッドを移動させることなく足Fのはば全表面の形状が計測できる。また、実施形態1と同様に、甲側計測ヘッド7 a'' (従って、CCDカメラ21 a'') によって撮像される足Fの甲上面部位の形状情報は、足の甲や足指の形状の情報を含んでいるので、この形状情報を用いることで、足幅、足囲などの他、足指の並び方や外反母趾の程度等を正確に計測することができる。

【0101】なお、図15では、計測筐体9'' の大きさをコンパクトにするため、実施形態1と同様に、2台の計測ヘッドを納めつつ、ミラーを用いてレーザ光線および撮像の光路を折り曲げている。従って、図15において

て、実際には、甲側計測ヘッド7 a'' は、足Fのつま先の前方斜め上において、後方斜め上に向かって配置されている。そして、計測筐体9'' の上面において、下に向かって設けられたミラーRa'' を用いて光路を折り曲げることにより、足上面部位に光線照射手段6 a'' からのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21 a'' によって足上面部位の光学像を撮像するようにされている。同様に、足裏後側計測ヘッド7 b'' は、足Fのかかとの下において、後方斜め上方に向かって配置されている。そして、かかとの後方斜め下において、前方に向けて設けられたミラーRb'' を用いて光路を折り曲げることにより、足裏後面部位に光線照射手段6 b'' からのレーザ光線を照射し、CCDカメラ21 b'' によって足裏面部位の光学像を撮像するようにされている。

【0102】このようにして2台の計測ヘッド7 a'' , 7 b'' を配置することにより、計測筐体9'' の寸法をコンパクトにすることができる。なお、足Fは透明なアクリル樹脂板からなる足台G'' 上に載置するようになっており、これにより、体重を足Fにかけた状態でも、足型が計測できるようになる。また、足台G'' は、透明であるので、足裏後面部位の形状を計測するにあたって、足裏後面部位に光線照射手段6 b'' からのレーザ光を照射し、また足裏後面部位を撮像するのに妨げとはならない。

【0103】このように配置された計測ヘッド7' を用い、前記したように、光線照射手段6'' によりスリット状のレーザ光線を足Fに照射し、撮像して空間コード化法および三角測量の原理を用いて計測ヘッドからの画像情報毎に足Fの形状情報を算出し、さらに座標変換し合成して足Fの形状を算出する。図16は、実際に足Fを計測し、空間コード化法等により足Fの形状情報を算出し、この座標変換及び合成前の形状情報に基づいてワイアフレーム画像により足Fの形状を表示した例である。言うまでもないが、図16(a)が、甲側計測ヘッド7 a'' から得られた形状情報による画像であり、(b)が、足裏後側計測ヘッド7 b'' から得られた形状情報による画像である。このワイアフレーム画像からも判るように、この2つの形状情報を合成することで、足Fのほぼ全体にわたる合成形状情報が得られる。

【0104】なお、座標変換の計算を容易にするため、本実施形態においては、図15(a)に示すように、CCDカメラ21 a'' の光軸Ua'' と、CCDカメラ21 b'' の光軸Ub'' とが一致するように配置している。これにより、基準面La'' とLb'' とが、平行となりあるいは一致するため、一方の形状情報を他方の形状情報と同じ座標系に変換するときの変換パラメータが簡単になる。

【0105】また、本実施形態においても、変換パラメータをキャリブレーションによって得るため、上記実施形態1と同様に、足台G'' の上面に基準点マークを設け

ている。なお、詳細は上記実施形態1と同様であるので、説明は省略する。

【0106】ところで、足台G”は、たとえ透明とはいっても、その上面G u”または下面G d”でレーザ光線を反射する。反射光が直接あるいはミラーを介してCCDカメラに入射すると、例えば、足裏後面部位の光学像と足台の下面G d”の反射光との区別ができる、誤測定となることがある。また、入射した反射光が、CCDカメラ内で迷光となって、画像情報全体のコントラストを低下させたりすることがある。そこで、本実施形態では、計測ヘッド7”とミラーR”の配置を工夫しており、光線照射手段6 a”，6 b”からのレーザ光線が、足台G”の上面G u”または下面G d”で反射した反射光は、それ直接あるいはミラーを介してCCDカメラ21 a”，21 b”に入らないようにされている。

【0107】即ち、図15(a)で説明すると、計測ヘッド7 a”の光線照射手段6 a”からのレーザ光線は、足台上面G u”で反射しても、後ろ斜め上側(図15(a)中、右上方向)に向かって進行するようにされている。このため、つま先の前方にあるCCDカメラ21 a”には、光線照射手段6 a”からのレーザ光線の反射光は、入射しない。一方、計測ヘッド7 b”の光線照射手段6 b”からのレーザ光線は、足台下面G d”で反射しても、前斜め下側(図15(a)中、左下方向)に向かって進行するようにされている。このため、かかとの下方にあるCCDカメラ21 b”には、光線照射手段6 b”からのレーザ光線の反射光は、入射しない。

【0108】上記実施形態2においては、計測ヘッド7 b”を用いて、つま先からかかとの上部までの足裏後面部位の形状を計測した。しかし、シーフィッティング等において、かかとの上部の形状は、特に無くとも足りる場合があり、この場合には、計測ヘッド7 b”およびミラーR b”的位置や角度を変更して、例えば、実施形態1の計測ヘッド7 b”およびミラーR b”的ように配置することで、つま先からかかとの上部までの足裏部位の形状を計測するようにも良い。この場合にも、2つのCCDカメラの光軸が一致するように配置するのが好ましい。このようにすると、実施形態1において、計測ヘッド7 cを省略した状態となる(図7参照)。つまり、計測ヘッド7 cによって計測される足後面部位の形状情報が欠落することになるが、このようにしても、足Fの大部分の形状が測定できるので、かかとの上部の形状が不要に場合には、少ない計測ヘッドの数(2台)で、足Fの計測が可能となることになる。

【0109】上記実施形態1および2においては、光線照射手段とCCDカメラとが組になって納められた計測ヘッドを用いた例を示した。即ち、計測ヘッド内には、その計測ヘッドに専用の光線照射手段、即ち、ポリゴンミラーやレーザ光源、レンズ系等を有している例を示したが、光線照射手段のうちの一部の部品、例えばポリゴ

ンミラーを、他の光線照射手段と共に用しても良い。ポリゴンミラーに対し、複数(例えば2つ)の方向からレーザ光線を照射するようすれば、1つのポリゴンミラーを用いて、異なる複数の方向に向かってレーザ光線を走査偏向させることができる。従って、このような光線をミラー等を用いて導くことで、被測定物(例えば、足)に異なる方向から光線を照射することができるようになる。

【0110】なお、上記においては、実施形態1および2に基づいて本発明を説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限度において、適宜変更して適用することができることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】空間コード化法による形状計測の原理を説明するための説明図である。

【図2】三角測量の原理を説明するための説明図である。

【図3】空間コード化法による偏向角の求め方の説明のための説明図である。

【図4】足型計測装置100の機能構成を説明するための説明図である。

【図5】空間コード型光線制御データメモリのデータ内容を説明するための説明図である。

【図6】実施形態1にかかる3つの光線照射撮像手段の配置を説明するための説明図である。

【図7】3台の計測ヘッドを納めた計測筐体内の様子を示す説明図であり、(a)は足の左方向から、(b)は足のつま先方向から見た図である。

【図8】3つの光軸と基準面との関係を説明する説明図である。

【図9】足台に設けた基準点マークを説明する説明図である。

【図10】足台の形状を説明する説明図である。

【図11】計測筐体に足を差し入れた状態を示す説明図である。

【図12】変形例における計測ヘッドの配置を示す説明図である。

【図13】変形例における3台の計測ヘッドを納めた計測筐体内の様子を示す説明図であり、(a)は足の左方向から、(b)は足のつま先方向から見た図である。

【図14】足型計測装置200の機能構成を説明するための説明図である。

【図15】実施形態2にかかる3台の計測ヘッドを納めた計測筐体内の様子を示す説明図であり、(a)は足の左方向から、(b)は足のつま先方向から見た図である。

【図16】画像情報から算出した形状情報を用いて表した、足の形状を示すワイヤーフレーム画像である。

【図17】従来の足型測定装置の構造を示す説明図である。

29

【図18】従来の他の形状測定装置の構造を示す説明図
である。

【符号の説明】

100, 200 足型計測装置（形状計測装置）

2 a, 2 b, 2 c レーザ光源

3 a, 3 b, 3 c レンズ系

5 a, 5 b, 5 c ポリゴンミラー

6 a, 6 b, 6 c 光線照射手段

7 a, 7 b, 7 c 計測ヘッド（光線照射撮像手段）

21 a, 21 b, 21 c CCDカメラ（撮像部材）

10 制御部

12 光線制御データメモリ

13 レーザコントローラ

* 71

30

同期駆動制御回路

形状演算部

画像情報演算部

形状情報合成部

マルチプレクサ

画像情報取回路

画像情報処理部

形状情報メモリ

61 a, 61 b, 61 c 座標変換処理部

形状合成処理部

La, Lb, Lc 基準面

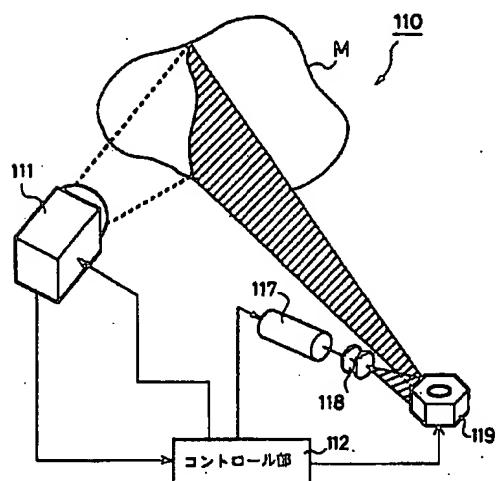
F 足

G 足台

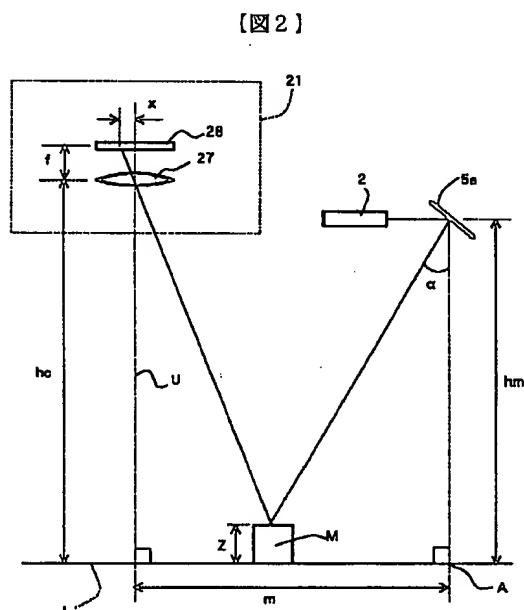
Ra, Rb, Rc ミラー

*

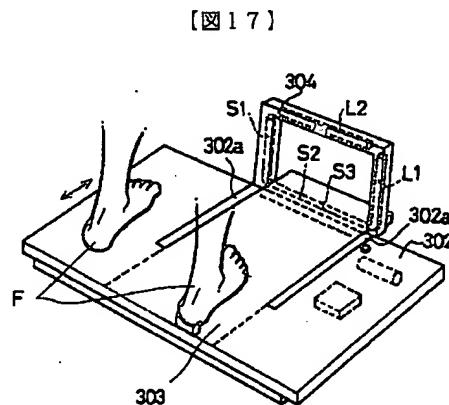
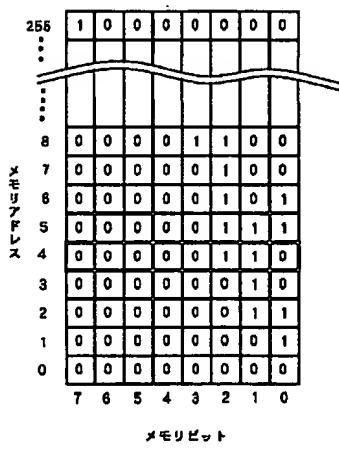
【図1】



【図5】

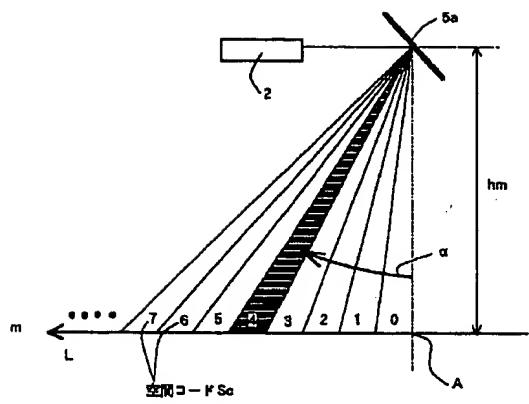


【図2】

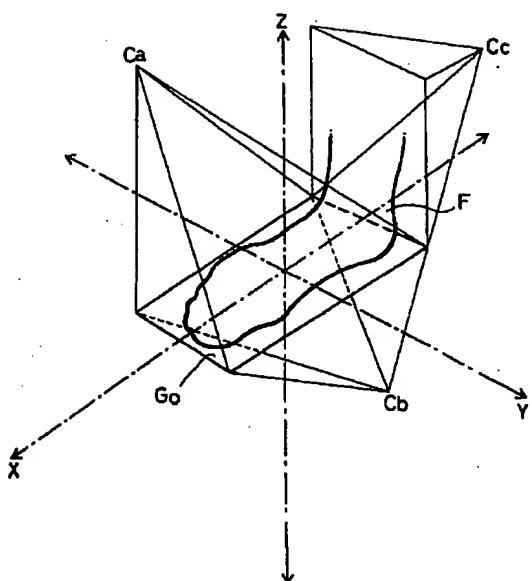


【図17】

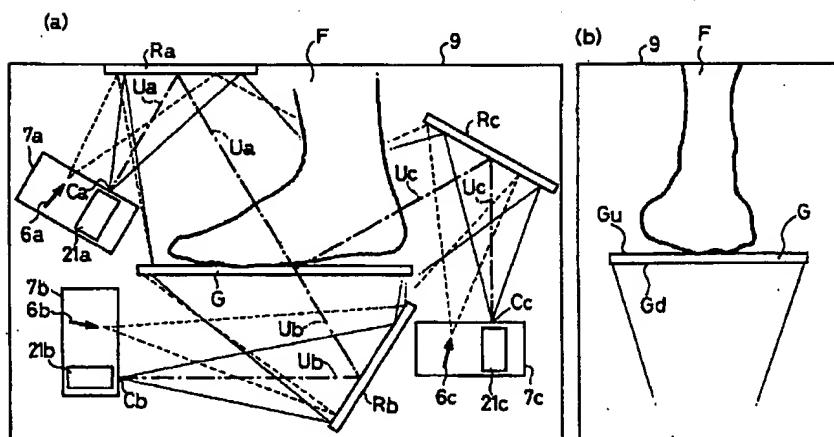
【図3】



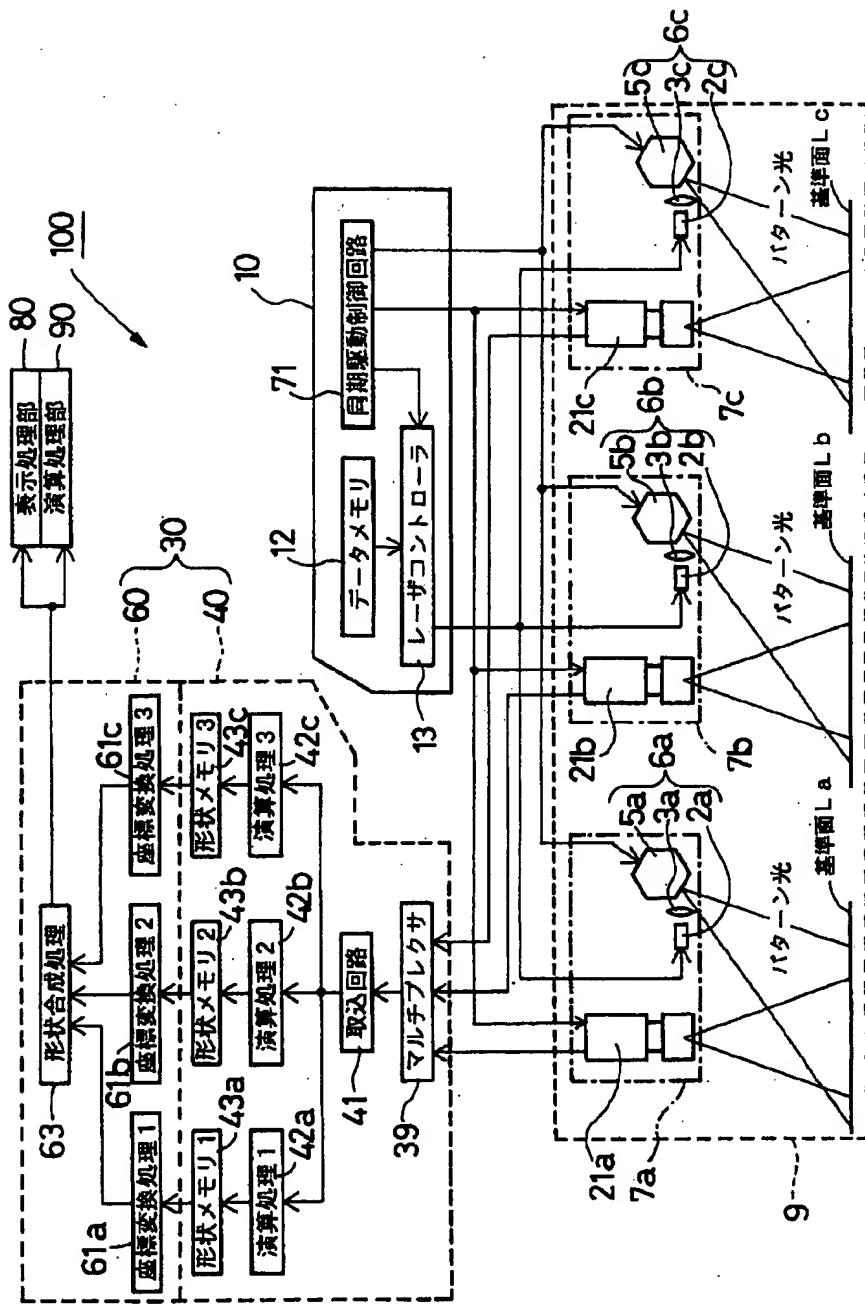
【図6】



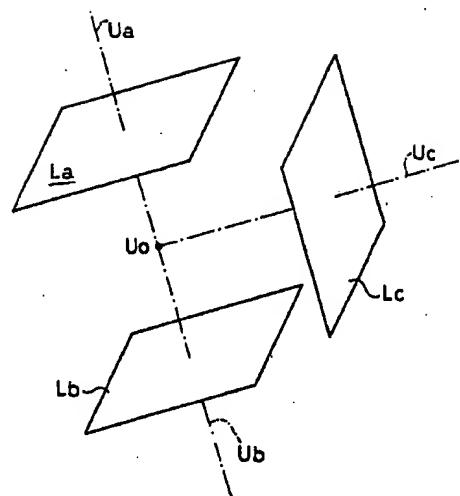
【図7】



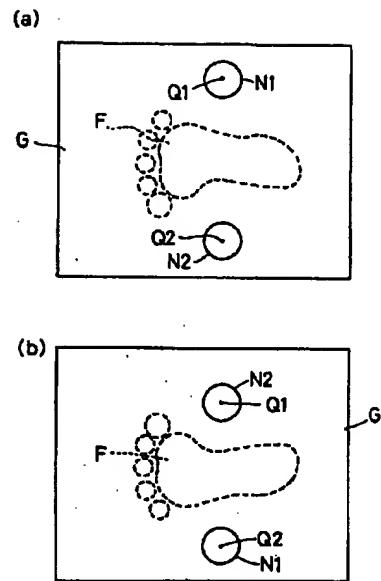
【図4】



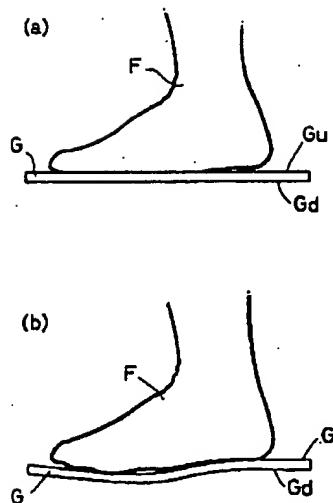
【図8】



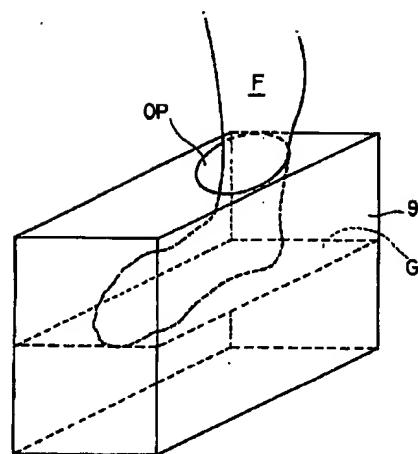
【図9】



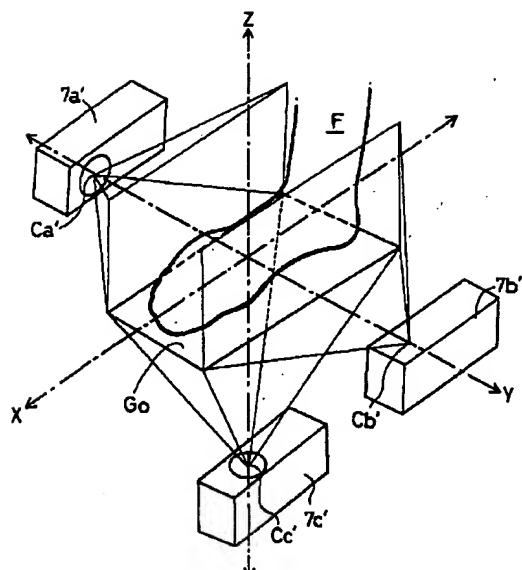
【図10】



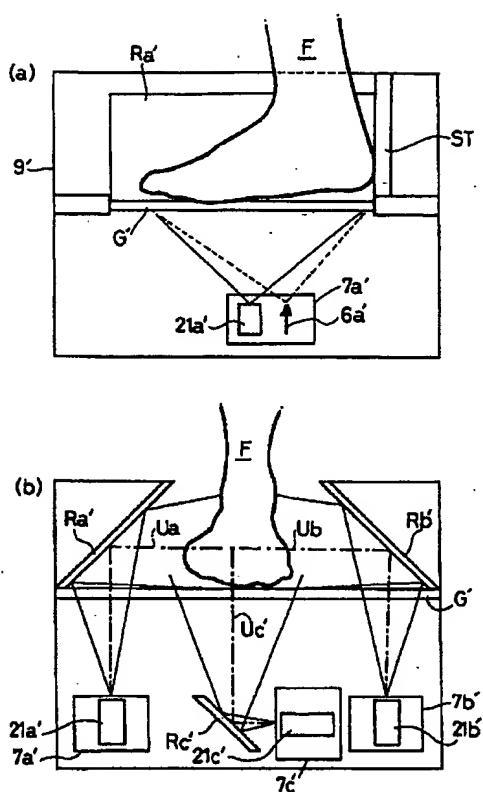
【図11】



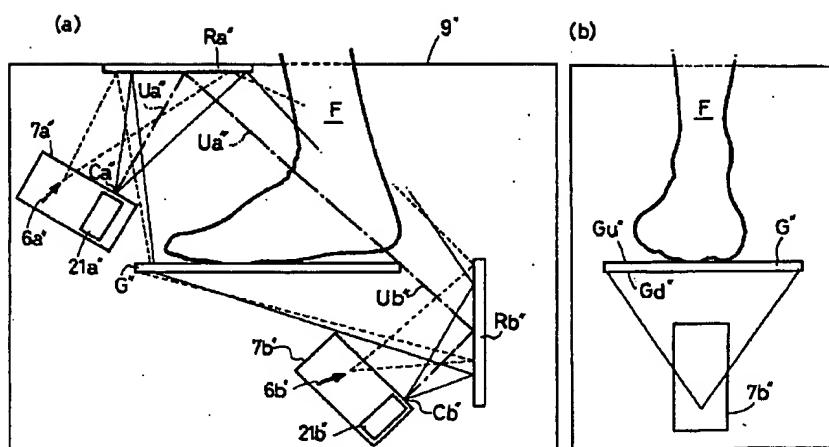
【図12】



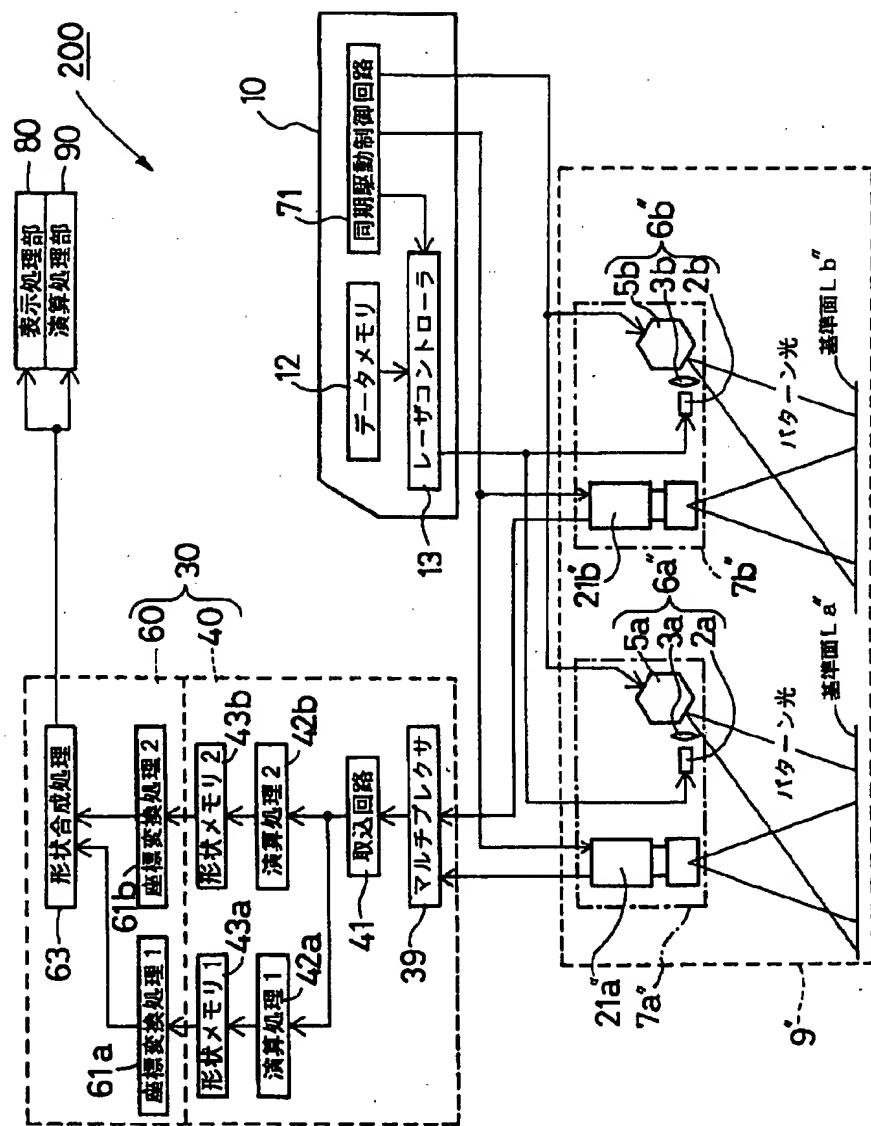
【図13】



【図15】

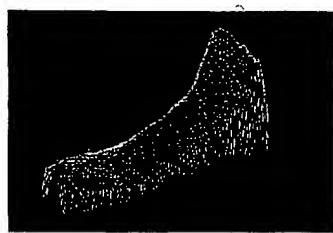


[図14]

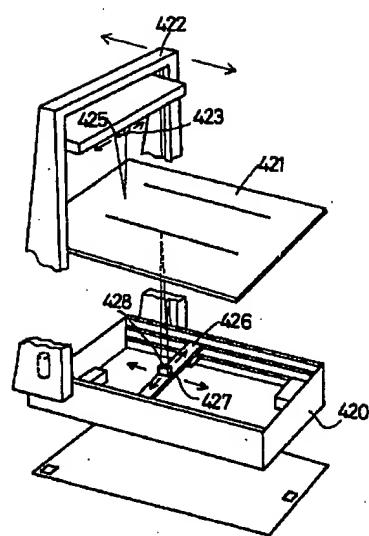


【図16】

(a)



【図18】



(b)

